

Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango, El Salvador

Girón- Carrillo C.E.
Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: caritoegc@yahoo.com

Martínez -Olmedo C.E.F.
Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: fuxis311@gmail.com

Monterroza -Domínguez M.P.
Estudiante Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
Correo electrónico: sarakatsan@gmail.com

Aguirre -Castro, C.A.
Docente asesor, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Hernández -Juárez, M de J.
Docente asesor, Departamento de Fitotecnia,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Lara- Ascencio, F.
Docente asesor, Departamento de Protección Vegetal,
Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Resumen

Se realizó la presente investigación en la parcela de Don Agustín Díaz, en el caserío Las Aradas, cantón Las Pilas, San Ignacio, Chalatenango, El Salvador, con el apoyo del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en el período enero a junio de 2011. El objetivo de la investigación, consistió en evaluar el efecto complementario del bocashi y lombriabono en el rendimiento de los cultivos calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), remolacha (*Beta vulgaris* L.), manejándolos con el método de cultivo biointensivo, que es una forma de agricultura orgánica a pequeña escala, cuyo propósito es desarrollar una agricultura integral y armónica con la naturaleza, en la que se aplicaron los principios: de doble excavación del suelo, uso de composta, siembra cercana y asociación de cultivos, que buscan desarrollar condiciones de suelos favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, el reciclaje de nutrientes, aprovechamiento del espacio de siembra y la diversificación de cultivos, para contribuir a la seguridad alimentaria de los pequeños productores de las zonas rurales. El estado de salud y fertilidad del suelo se observó a través de cromatografía y esta mostró una buena actividad biológica del suelo, representado por presencia de nitrógeno, disponibilidad de nutrientes y actividad enzimática, la cual fue proporcionada por la aplicación de composta + bocashi y composta + lombriabono, y en menor grado por la composta que se encuentra en un proceso de transformación de la materia orgánica, que mejoraron la densidad del suelo. En los resultados obtenidos se observó que el T2 (composta + bocashi) produjo los mayores rendimientos ($p \leq 0.01\%$) en peso de bulbo de remolacha, planta de lechuga, cantidad de frutos de calabacín y peso de follaje en espinaca. Al tratamiento anterior le siguió el T3 (composta + lombriabono) para los indicadores mencionados, sin embargo, este tratamiento produjo el mayor peso de frutos en calabacín, pero no fue significativo estadísticamente. En relación con el T1 (Composta), esta produjo los menores rendimientos, excepto en el caso de largo de fruto de calabacín que fue mayor a los otros 2 tratamientos, pero no fue significativo ($p \leq 0.01\%$). En la relación beneficio- costo (B-C) para una hectárea cultivada biointensivamente, el tratamiento con composta presentaría un costo total (CT) de \$17,619.81 e ingresos totales (IT) de \$34,296.20, obteniéndose una relación de B-C de \$1.95; en el tratamiento de composta + bocashi un CT de \$18,374.81 e IT de \$38,417.25 la relación de B-C sería de \$2.09; y en el tratamiento de composta + lombriabono con un CT de \$20,837.81 e IT de \$35,652.15, se obtendría una relación de B-C de \$1.71.

Palabras clave: Biointensivo, bocashi, composta, lombriabono, rendimiento.

Abstract

The Faculty of Agricultural Sciences carried out this research in the plot of Don Agustín Díaz, in the village of plowed, Canton Las Pilas, San Ignacio, Chalatenango, with the support of Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), in the period January to June 2011. The objective of the research, was conducted to evaluate the effect of bocashi complementary and lombriabono on crop yield zucchini (*Cucurbita pepo* L.), spinach (*Spinacia oleracea*), lettuce (*Lactuca sativa* L.), sugar beet (*Beta vulgaris*), Which manipulated them with the method of cultivation Biointensive method, which is a form of organic farming on a small scale, whose purpose is to develop a comprehensive agriculture and in harmony with nature, in which the principles were applied: Double-digging of the ground, use of compost, planting near and association of crops, which are seeking to develop soil conditions favorable for the growth and development of plants, recycling of nutrients, space utilization of planting and crop diversification, to contribute to the food security of small producers in rural areas. The state of health and fertility of the soil was observed through chromatography and this showed a good biological activity of the soil, represented by the presence of nitrogen, nutrient availability and enzyme activity, which was provided by the application of compost, compost + bocashi and compost + lombriabono to a lesser extent by the compost that is in a process of transformation of organic matter, but improved the density of the soil. In the results obtained, it should be noted that the T2 (compost+ bocashi) produced the highest yields ($p \leq 0.01\%$) by weight of beet bulb, plant lettuce, amount of fruit of zucchini and weight of foliage in spinach. The previous treatment was followed by the T3 (compost + lombriabono) for the above-mentioned indicators, however, this treatment produced the greatest weight of fruit in zucchini but was not statistically significant. In the relationship benefit- cost (B-C) to a cultivated hectare biointensively, treatment with compost would be a total cost (TC) of \$17.619.81 and total income (IT) of \$34.296.20, resulting in a relation of B-C \$1.95 ; in the treatment of composta + bocashi a CT of \$18.374.81 and IT of \$38.417.25 the relation of B-C would be \$2.09 ; and in the treatment of composta + lombriabono with a CT of \$20.837.81 and IT of \$35.652.15, would be a relation of B-C of \$1.71 .

Key Words: Biointensive method, compost, bocashi, lombriabono, performance.

Introducción

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica está orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto se hace necesario implementar actividades que conduzcan a la restitución de elementos minerales y organismos benéficos del suelo (Fundación MCCCH s.f.). Por lo que en las últimas décadas se ha retomado la importancia del uso de fuentes orgánicas como alternativa ante el incremento de los costos de los agroquímicos y al desequilibrio ambiental que estos ocasionan en los suelos y a la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas que es un aspecto fundamental relacionado con la sostenibilidad y productividad.

Lo anterior también es una alternativa, específicamente para los pequeños agricultores de El Salvador, que conforman familias que poseen un promedio de 1.1 Ha y se dedican fundamentalmente al cultivo de granos básicos y a la pequeña ganadería de doble propósito, en parcelas con pendientes mayores del 15% y con el problema del alto costo de los insumos agrícolas, que les genera costos de producción elevados (CENTA 2002).

Según Toral 2005, se evaluaron niveles de vermicomposta proveniente de *Eisenia foetida* en el cultivo de flor de Jamaica, en dosis de T1: 33, T2: 66 y T3: 99 g/planta y se obtuvieron respuestas en diámetro del tallo, altura de planta, número de ramas, número de cáliz por rama y por planta, y se llegó a la conclusión de que la incorporación de humus en el suelo propicia el mejor aprovechamiento de los nutrientes por la planta, mejora las condiciones del suelo y llega a ser fuente de nutrientes para ciclos posteriores.

Matheus L. *et al.* 2007 de la Universidad de Los Andes, en su investigación “efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles”, encontraron una respuesta altamente significativa ($P \leq 0.01$) con la aplicación de gallinaza, ya que produjo el mayor incremento de la población y actividad microbiana en el suelo, sin embargo en una categoría intermedia encontraron el compost y vermicompost, entre las cuales no se detectaron diferencias significativas. De la misma manera observaron a nivel de bioensayo, una excelente correlación entre la biomasa microbiana y el crecimiento de las plantas.

Los productores orgánicos mezclan materia orgánica (MO) con abono y agregados biológicos, con el objetivo de producir plantas sanas y con mayor capacidad de resistencia a las enfermedades e insectos (Guerra 2008). Además, los abonos orgánicos actúan aumentando las condiciones nutritivas

del suelo, mejoran su condición física (estructura) y aportan materia orgánica y bacterias beneficiosas. (Qué son los abonos orgánicos. s.f.).

De acuerdo con Restrepo (2007), una de las ventajas que los agricultores experimentan con los abonos orgánicos es que estos son más completos al incorporar al suelo los macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento vigoroso de las plantas.

De esta manera, Jeavons (2002) que fomenta el método de cultivo biointensivo, propone dentro de los principios el uso de la composta, que tiene como objetivos mejorar la estructura del suelo, retener la humedad, limita la erosión, contiene micro y macro nutrientes, estabiliza el pH, neutraliza las toxinas del suelo y sus ácidos disuelven los minerales haciéndolos disponibles para las plantas.

Muchas son las ventajas derivadas del uso de materiales orgánicos debido a su capacidad para mantener el humus; sin embargo, muchos aspectos del uso de estos productos no han sido evaluados adecuadamente debido en gran medida a la falta de indicadores y metodologías apropiadas para cuantificar la dinámica de la materia orgánica y métodos que evalúen la calidad de los abonos orgánicos, particularmente, aquellos que estimen el aporte de nutrimentos a las plantas. Al respecto algunos investigadores (Vandevivere *et al.* Citado por Matheus L. *et al.* 2007) señalan la inconveniencia del uso de análisis químicos cuantitativos convencionales que determinan la cantidad de elementos (totales o extraíbles) y que no son los más adecuados para pronosticar con certeza la respuesta de las plantas a la aplicación de los abonos orgánicos.

En el presente estudio se evaluó el efecto complementario del bocashi y lombriabono en el rendimiento de los cultivos de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), remolacha (*Beta vulgaris* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), manejándolos con el método de cultivo biointensivo, en el que se analizó el contenido de elementos nutricionales de composta, bocashi y lombriabono mediante análisis químico, actividad biológica mediante la captura de microorganismos en campo, cromatografía de la calidad del suelo, los rendimientos de cuatro cultivos y se calcularon los costos parciales de producción de los mismos.

Materiales y Métodos

La investigación de campo se realizó entre enero y junio de 2011 en el caserío Las Aradas, cantón Las Pilas, municipio de San Ignacio, departamento de Chalatenango, El Salvador, con coordenadas: latitud N 14° 22' 24.7", longitud W 089° 05' 34.0", altura 1942 msnm.

Según el mapa Pedológico de El Salvador 1975, los suelos predominantes de la zona en estudio del municipio de San Ignacio son Latosol Arcillo Rojizo hidrohúmicos. Fase ondulada a montañosa muy accidentada (Rico 1974). El suelo se caracterizó en los siguientes parámetros: estructura, color, textura, densidad aparente y real, % de porosidad, horizontes y profundidad efectiva, prueba de eferescencia y pH. También se contabilizaron los macroorganismos presentes en el suelo por la prueba de la pala que consistió en obtener un bloque de suelo de 25x25x25cm en cada una de las camas de siembra. Se hizo una captura de algunos microorganismos con un medio de cultivo a base de arroz cocido colocado en depósitos plásticos con una capacidad de 4 onzas, cubriendo el recipiente con gasa y enterrándolos a nivel del suelo en cada una de las parcelas por un periodo de ocho días. En laboratorio se identificaron visualmente colonias de hongos a través de formas y colores. Luego se hizo un frotis directo de las muestras y se observaron clases de hongos, como indicador de la presencia de microorganismos en el suelo.

Se realizó análisis químico del suelo y de los abonos orgánicos para determinar el contenido de macronutrientes: N, P, K, Ca y Mg, pH, materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. Pero también, de manera cualitativa se analizó la integración de los minerales del suelo con la materia orgánica y su disponibilidad al final del ensayo, a través del método cromatográfico, para obtener una fotografía de la vida o salud del suelo y su principio está fundamentado en la extracción de los nutrientes y compuestos orgánicos con hidróxido de sodio al 5% y la cromatografía con nitrato de plata al 0.5% como un revelador, que muestra con detalle la presencia de los componentes del suelo, abonos o biofertilizantes. En la figura 1 se indican las cuatro zonas que revelan las cualidades de la salud del suelo.

El ensayo se estableció por medio del método de cultivo biointensivo en el que se aplicaron los principios de doble excavación del suelo a 60 cm (30 cm de remoción de la capa superficial y 30 cm de aflojamiento en profundidad), abonado con composta, elaboración de semillero y trasplante en siembra cercana (tres bolillo) y la asociación y diversificación de cultivos por camas.

Metodología estadística

El diseño estadístico que se aplicó fue de bloques completamente al azar, que comprendió la aplicación de 3 tratamientos: T1 (Composta), T2 (Composta + Bocashi), T3 (composta + lombriabono) en los cultivos de calabacín, espinaca, lechuga y remolacha, ubicados en tres bloques de 3 camas cada uno. Las variables en estudio fueron el rendimiento y la fertilidad del suelo. Los indicadores y datos tomados fueron el peso de follaje en espinaca, peso de planta de lechuga, número de frutos por planta, peso, diámetro y largo de frutos de calabacín, peso y diámetro de bulbo de remolacha, altura de plantas y diámetro de cobertura foliar para los cuatro cultivos.

En el Cuadro 1 se presenta la cantidad de bocashi y lombriabono aplicado por planta. Para el caso de la composta se incorporó al suelo en cantidad de 6 cubetas de aproximadamente 25 lb cada una distribuidas en toda la cama de siembra.

Se calcularon los costos parciales para cada uno de los tratamientos

Cuadro 1. Cantidad de bocashi y lombriabono aplicado por planta.

Cultivo	Dosis De Abonos (g/planta)	
	Bocashi	Lombriabono
Remolacha	80	120
Espinaca	50	110
Calabacín	50	120
Lechuga	50	110

utilizados en los que se tomó de base el área de una hectárea cultivada biointensivamente. Dicha área estaría compuesta por 606 camas, en las cuales se cultivarían los cuatro cultivos (A-2).

El cálculo de los ingresos de cada uno de los tratamientos consistió en los que se percibirían, por la venta de los productos obtenidos por cada uno de los cultivos. Para determinar la relación beneficio – costo de cada uno de los tratamientos se dividieron los ingresos entre los costos de cada tratamiento.

Resultados y Discusión

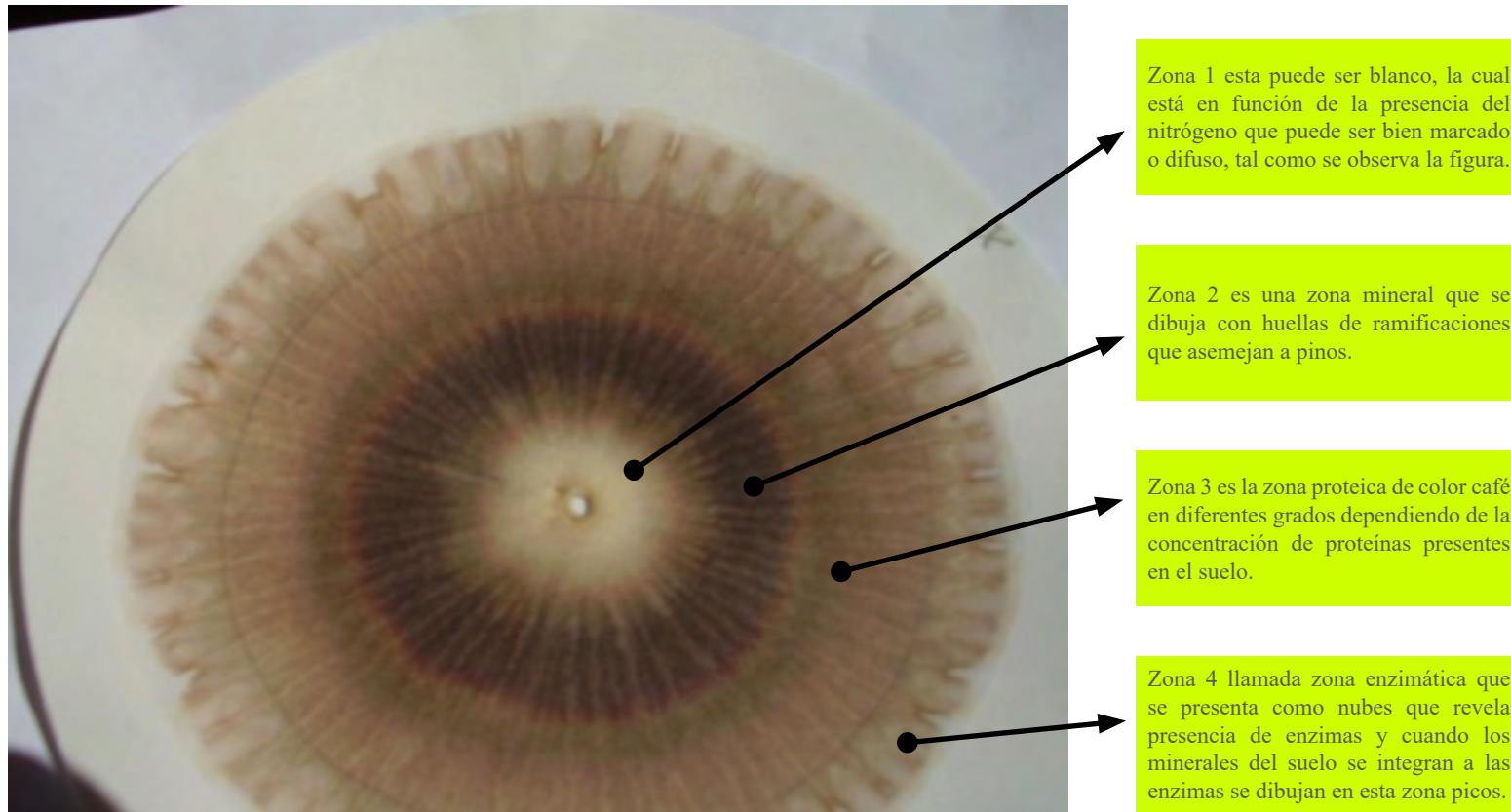


Figura1. Cromatograma que muestra las cuatro zonas

En relación al suelo donde se hizo la investigación, en su perfil se presentan horizontes A, B y C que lo caracterizan como un suelo bien desarrollado, de texturas superficiales franco arcilloso y los horizontes subyacentes de textura arcillosa, con colores café oscuro a rojizo. El suelo presentó una profundidad efectiva de 90 cm, con una estructura superficial aterronada y la subyacente prismática; por lo que este suelo tiene las condiciones físicas favorables para los cultivos estudiados.

Al inicio de la investigación, en los horizontes superficiales del total de organismos visibles se contabilizaron artrópodos como gallina ciega (22%),

arañas rojas (32%), anélidos como la lombriz de tierra (45%), lo que significa que el suelo es activo biológicamente, ya que ha sido manejado previamente con abonos orgánicos tipo bocashi, y en consecuencia existen agregados y poros grandes por efecto de dichos organismos. De la misma manera se mantuvo este comportamiento hasta el final de la investigación.

En la captura de organismos que se realizó en las parcelas de los tres tratamientos se encontraron hongos que en algunos casos presentaron aspectos

algodonosos, polvos y grumos que en su mayoría fueron de coloración verde, café, anaranjado y blanco presentándose en mayor cantidad en el tratamiento de composta + bocashi y en menor cantidad en el tratamiento de composta sola, que identificados al microscopio corresponden a las clases: Deuteromycete, Ascomycete, Basidiomycete, Phycomycete y Zygomycete respectivamente; a su vez presentaban olores a fermentación agradable al olfato principalmente donde habían hongos y hubieron algunos que presentaron olores fétidos de pudrición posiblemente por acción de bacterias patógenas (no identificadas); además se encontraron levaduras de aspecto cremoso. Entre los hongos identificados la mayoría eran descomponedores de materia orgánica y otros podrían causar efectos patógenos. Sin embargo, durante el proceso de la investigación no se presentaron efectos de daños a nivel radicular lo cual fue un indicador de una actividad microbiana positiva en función del mejoramiento del suelo.

La densidad aparente superficial del suelo antes del ensayo presentó valores en el rango de 0.7 a 0.8 g/cc; con la aplicación de los tratamientos se mostró valores similares a los iniciales del ensayo, sin embargo en el bloque I con composta, bloque II con bocashi y bloque III con Lombriabono mostraron valores más bajos que se duplicaron con un incremento de la porosidad de 33.32 y 24.07% respectivamente, lo que indica que el suelo al ser tratado con los abonos orgánicos presenta mayor porosidad y en consecuencia hay una mayor aireación y almacenamiento de agua, que beneficia al buen crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En cuanto a las condiciones químicas y biológicas del suelo, el análisis químico inicial mostró alta disponibilidad de N, P, K, Ca y Mg y alto contenido de materia orgánica, con un pH ácido de 4.0, que junto con el aluminio, que resultó excesivo (>1.2 según la clasificación de PROCAFE), determinó que se aplicara 14 lb de cal dolomita/10 m² (cuadro 2).

De la misma manera, el análisis cromatográfico (cualitativo) mostró una alta disponibilidad de nutrientes, específicamente el nitrógeno, con centro

de color blanco cremoso; en el caso de los abonos que se utilizaron estos mostraron en los cromas también una alta disponibilidad de nitrógeno y demás elementos minerales que se reflejan en la zona 2 con una coloración verde musgo, a excepción de la composta que resultó inmadura, es decir que le faltó descomposición al momento de utilizarla, (Figs. 2 y 3).

Posterior a la aplicación de los tres tratamientos, el análisis cromatográfico mostró una alta disponibilidad de nitrógeno, como lo reflejó la zona central



Figura 2. Cromograma del suelo las Aradas antes de aplicar abonos orgánicos

Cuadro 2. Resultados de análisis químico en muestras de suelo.

Muestra de suelo	% TOTAL	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/100 gr)	Mg (meq/100 gr)	pH	Al (meq/100 gr)	AcT (meq/100 gr)	% M.O.
M 1	0.378	23.7	383	7.7	1.11	4.0	1.5	7.5	6.61	
M 2	0.399	15.8	365	5.8	0.94	4.0	1.9	8.3	6.39	

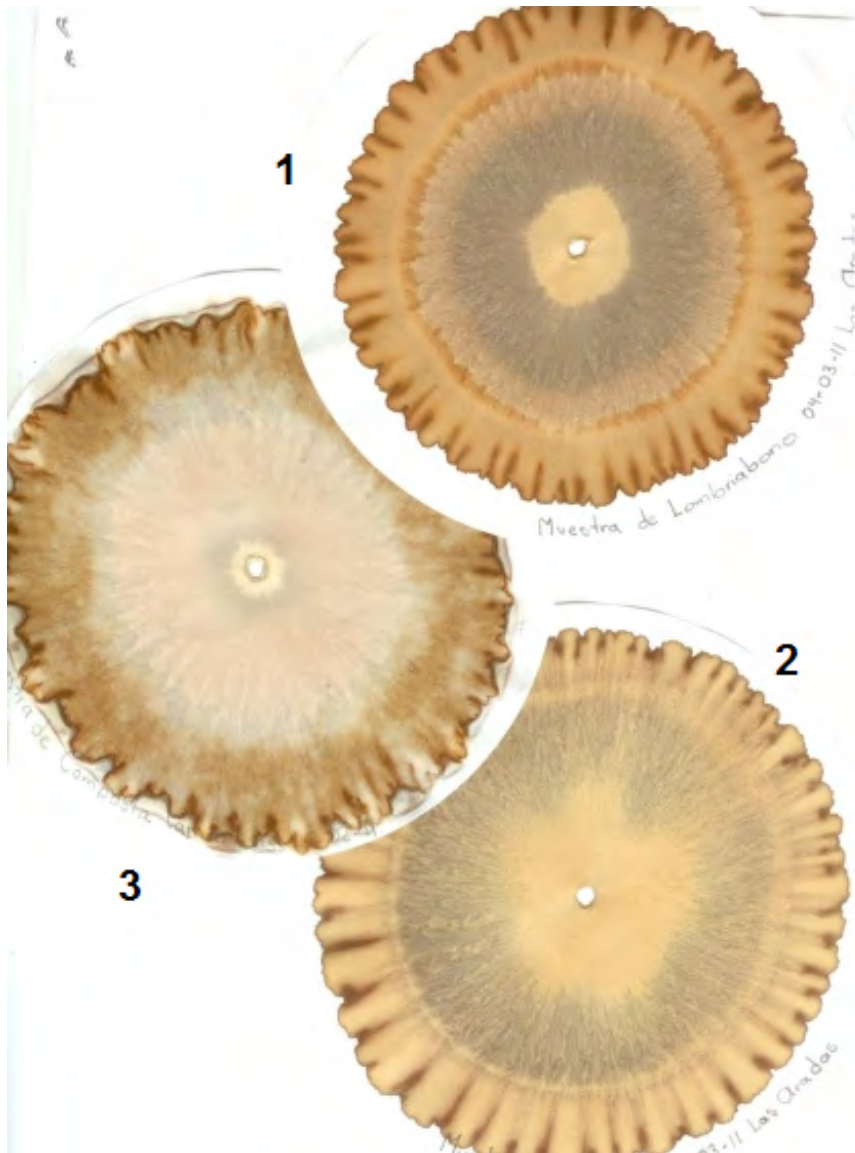


Figura 3. Cromas de los abonos orgánicos: 1) bocashi, 2) lombrabono 3) composta

de los cromas (Fig. 4), con una coloración blanco cremoso en los cromas de los tres bloques: I, II y III, que recibieron composta + bocashi, lo cual es un signo de presencia abundante de materia orgánica y actividad biológica. En la zona 2, la parte mineral de los cromas se dibujó con huellas de ramificaciones que se asemejan a plumas, que para los casos del presente estudio, resultó un poco definida y con variabilidad de coloraciones que van del café, café rojizo, café claro al café con verde musgo, con predominancia de estos dos últimos y según el método, son colores deseables que indican una disponibilidad de nutrientes y buenas condiciones de aireación en el suelo. La zona 3 o proteica no se definió en los cromas, debido a que la materia orgánica no ha alcanzado su proceso de transformación, como lo señala Restrepo (2007); la zona 4 o externa, conocida como enzimática se presentó como nubes y formación de picos muy difusos, indica que la parte mineral empieza a integrarse, principalmente en los bloques con tratamiento composta + bocashi y composta + Lombrabono, que presentaron mayor definición de dicha zona lo que indica una mayor humificación, no así la composta que por su poca descomposición no muestra formación de enzimas ni integración con la parte mineral. Lo anterior lleva a expresar que los abonos orgánicos ejercen un efecto en el desarrollo de los cultivos y con una buena apariencia fitosanitaria lo que a su vez implicó poca aplicación de repelentes botánicos; como lo señala Amador (1997), su aplicación mejora la cantidad de materia orgánica y estructura del suelo, incrementando la capacidad de retención de nutrientes y siendo estos liberados progresivamente a medida que la planta los va requiriendo.

En los resultados obtenidos para cada cultivo se observó que el T2 (composta + bocashi) produjo los mayores rendimientos ($p \leq 0.01\%$) en peso de bulbo de remolacha, planta de lechuga, cantidad de frutos de calabacín y peso de follaje en espinaca. Al tratamiento anterior le siguió el T3 (composta + lombrabono) para los indicadores mencionados, sin embargo este tratamiento produjo el mayor peso de frutos en calabacín pero no fue significativo estadísticamente. En relación con el T1 (Composta), esta produjo los menores rendimientos, excepto en el caso de largo de fruto de calabacín que fue mayor que los otros 2 tratamientos, pero no fue significativo ($p \leq 0.01\%$).

En un análisis más específico, el comportamiento del calabacín con la aplicación de las tres clases de abonos orgánicos fue similar en los diferentes indicadores de crecimiento: altura de plantas, diámetro de cobertura foliar, número de frutos, largo, diámetro y peso de fruto; aunque los datos estadísticos no presentaron significancia, sin embargo el efecto producido

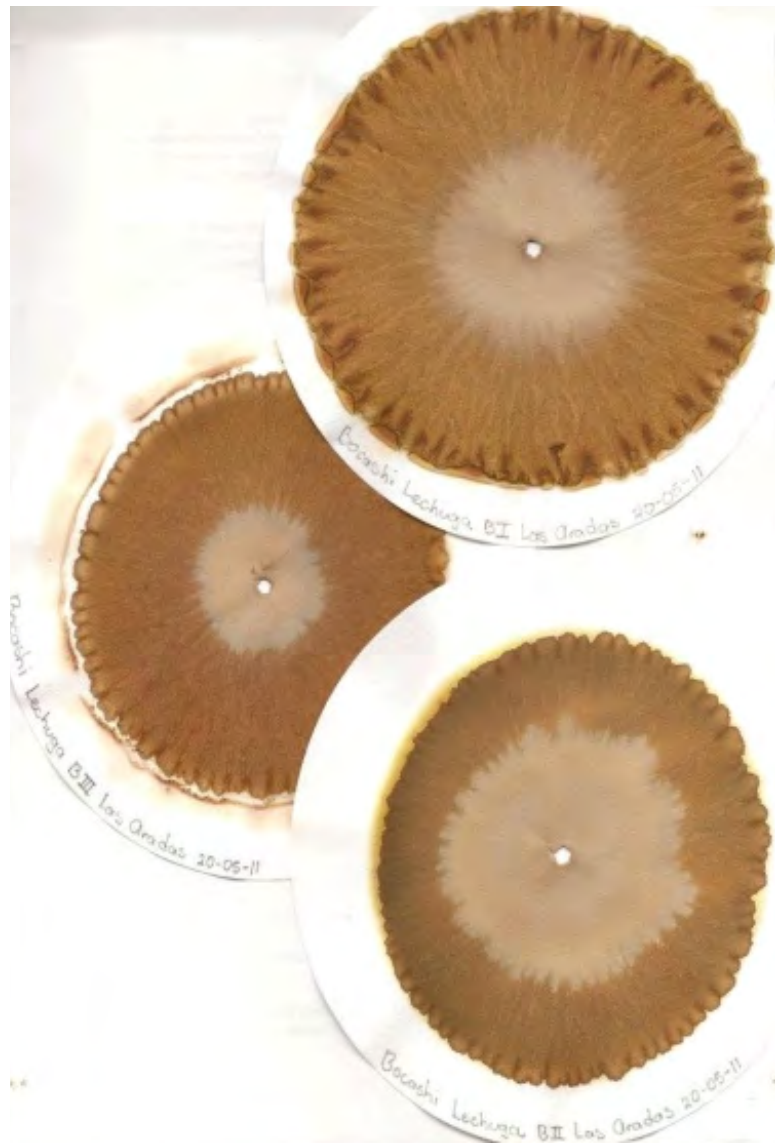


Figura 4. Croma del suelo tratado con Composta + bocashi en bloques I, II y III.

por la composta + bocashi fue mayor que los otros dos tratamientos en las variables de crecimiento: altura de plantas, diámetro de cobertura foliar, número de frutos, largo y diámetro de fruto; y en la variable peso de fruto la composta + lombriabono fue superior a los otros dos tratamientos (360,88 g) (A-4). En el Cuadro 3 se resumen las variables y en la figura 5 se observa el comportamiento de la aplicación de los tres tratamientos.

Debido a la alta disponibilidad de los macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en el suelo no se obtuvo una respuesta significativa con la aplicación de bocashi y

Cuadro 3. Promedios de las variables medidas en Calabacín.

Tx.	Alturas de plantas (cm)	Diámetro de cobertura foliar (cm)	Cantidad de frutos	Largo de fruto en (cm)	Diámetro de fruto en (cm)	Peso de fruto en (g)
C	55.2	97.2	107	19,18	4,74	354,95
C+B	59.5	104.0	128	17,95	4,54	338,09
C+L	56.7	94.3	109	18,94	4,82	360,88

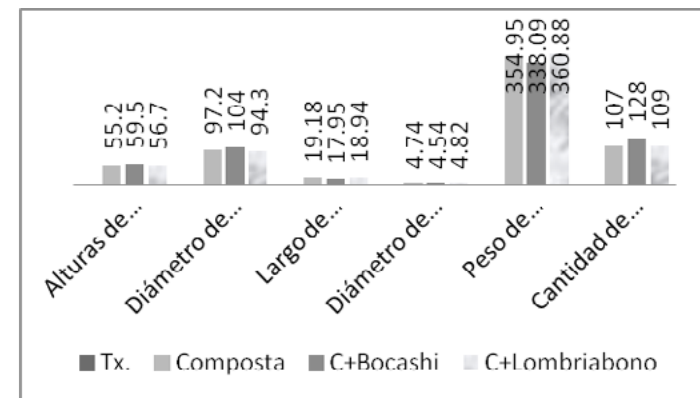


Figura 5. Efecto de la composta, composta + bocashi, composta + lombriabono sobre altura de plantas (cm), diámetro de cobertura foliar (cm), largo de fruto (cm), diámetro de fruto (cm), peso de fruto (g) del cultivo de calabacín.

lombriabono como abonos complementarios en este cultivo. De esta manera, solo la aplicación de composta fue suficiente para alcanzar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de calabacín y bajo las condiciones de contenido de nutriente mencionados, densidad aparente menor que 1 gr/cc, estructura de bloques débiles y pH ligeramente ácido. Con dichos resultados se corrobora el uso de la composta sola que sugiere el método de cultivo biointensivo (Jeavons 2002), siempre y cuando la composición de la composta que se aplique sea integral y esté suficientemente madura para que se tenga la disponibilidad de elementos necesarios. También existe coincidencia con los resultados que obtuvieron Gómez *et al.* (2008), que realizaron estudios en la producción de frijol y rábano en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco, México, donde se evaluó el efecto de la fertilización orgánica, con 5 t ha⁻¹ de composta en los rendimientos (gr/planta, bulbo en rábano y granos en frijol), en el cual los rendimientos se incrementaron significativamente ($p < 0.05$) en los tratamientos en que se aplicó fertilización orgánica (149% para el rábano y 50% para el frijol).

En cuanto al cultivo de espinaca su comportamiento con la aplicación de composta, composta + bocashi y composta + lombriabono, en las variables altura de plantas (cm), diámetro de cobertura foliar (cm) y peso de follaje (g), el tratamiento 2 fue superior a los otros dos tratamientos; en cuanto a peso de follaje, si bien fueron mayores estadísticamente los tratamientos composta+ bocashi y composta + lombriabono, entre ellos fueron iguales estadísticamente, como puede apreciarse en el cuadro 4 y figura 6.

En el caso de espinaca, según los resultados obtenidos, este cultivo presentó

Cuadro 4. Promedios de las variables medidas en Espinaca.

Tx	Alturas de plantas (cm)	Diámetro de cobertura foliar (cm)	Peso de follaje/planta (g)
C	13.2	17.7	13.2
C+B	22.4	30.6	40.9
C+L	19.6	27.4	31.1

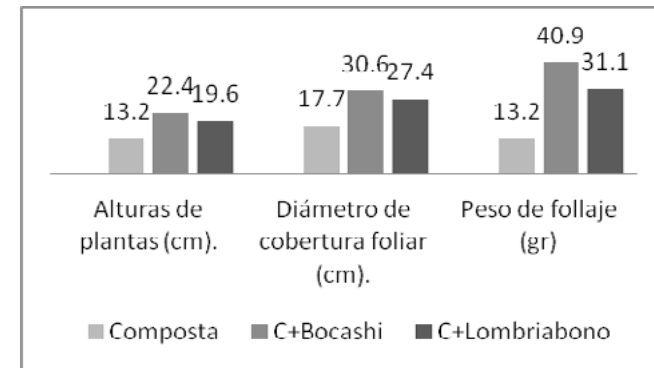


Figura 6. Efecto de la composta, composta+ bocashi, composta + lombriabono sobre altura de plantas (cm), diámetro de cobertura foliar (cm) y peso de follaje (g) del cultivo de espinaca.

mayor exigencia de nutrientes, tal que la aplicación de composta sola no fue suficiente para suplir los requerimientos nutricionales. Es así que la composta combinada con bocashi y lombriabono produjeron un efecto positivo. La producción obtenida de peso de follaje que fue de 7 tn/ha con la aplicación de lombriabono, coincide con el resultado de Mancilla (2009), al aplicar humus de lombriz con el cual alcanzó un rendimiento de 7.32 (tn/ha), sin embargo con bocashi fue mucho mayor obteniéndose 10 tn/ha y presentó la mayor significancia de los tratamientos (A-5).

Por otro lado, según Altamirano (2009), el sistema radicular de la espinaca no es muy profundo ni vigoroso; la raíz principal puede llegar a medir 80 cm de largo y 30 cm de ancho; posee un tallo corto, cilíndrico que alcanza una altura entre 60 y 80 cm. En la presente investigación el tamaño de las raíces no alcanzó las dimensiones mencionadas por Altamirano, obteniéndose un largo de raíz de 23.0 a 31.0 cm y una altura de plantas de 13 a 22.4 cm. A todos los cultivos se le aplicó la misma cantidad de agua, sin embargo ésta no fue suficiente para la espinaca, situación que se observó por la poca cobertura que desarrolló el cultivo y que no fue suficiente para evitar la pérdida de agua por evaporación, aspecto que no fue limitante en los otros cultivos. Otro aspecto que limitó el crecimiento, en algunos casos, fue la floración temprana, manifestándose mayormente en las parcelas abonadas con composta y en menor proporción en las parcelas abonadas con composta más lombriabono.

Con relación al comportamiento de las variables altura y peso de planta en el

cultivo de lechuga, con la aplicación de composta más bocashi y composta más lombriabono se obtuvo un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) y el mayor peso promedio se obtuvo con composta más bocashi; en el caso del diámetro de cobertura foliar, no existió diferencia estadística significativa en los tres tratamientos, sin embargo el mayor diámetro promedio lo presentaron las plantas que fueron tratadas con composta + lombriabono, como se puede observar en el Cuadro 5 y figura 7.

Según Díaz y Suárez (2000) evaluaron tres dosis de bocashi (454, 227 y

Cuadro 5. Promedios de las variables medidas en Lechuga.

Tx	Alturas de plantas (cm)	Diámetro de cobertura foliar (cm)	Peso de planta en (g)
C	10.5	24.3	228.18
C+B	13.0	25.1	326.61
C+L	11.1	35.1	275.30

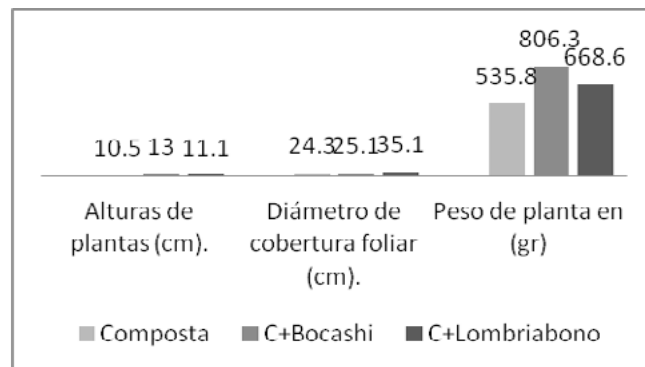


Figura 7. Efecto de la composta, composta+ bocashi, composta + lombriabono sobre altura de plantas (cm), diámetro de cobertura foliar (cm), peso de planta (g) del cultivo de lechuga.

113.5 gramos/planta) en el cultivo de lechuga tipo romana, variedad Parris Island. No encontraron diferencias significativas entre las dosis de bocashi evaluadas en cuanto al peso por planta; sin embargo de las dosis evaluadas, la dosis de 13,636 kg/ha de bocashi (227 g/planta) presentó el mayor peso por planta (550.0 g/planta) de lechuga. El tamaño promedio de las lechugas estuvo en el valor medio (25.02 cm) del rango de calidad aceptable en el mercado, o sea, entre 20 y 30 cm de tamaño. Al comparar lo obtenido por Díaz y Suárez con la presente investigación se obtuvo con una dosis menor (50 gr/planta) un mayor rendimiento en peso/planta (326.61 g/planta), sin embargo, se aclara que son diferentes variedades de lechuga; pero lo interesante de este resultado es el efecto del bocashi en forma conjunta con la composta, que incrementa los rendimientos, debido a que este abono incorpora organismos que ayuda a la descomposición de la materia orgánica de la composta, produciéndose una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo.

Otro dato interesante es el desarrollado por Zaldívar *et al.* (s.f.), quienes evaluaron el efecto de diferentes fuentes de abonos orgánicos y urea en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.), obteniendo el mayor rendimiento con la aplicación de compost (6,020 docenas/Ha) seguido por humiterra con un rendimiento de 5,989 docenas/Ha. Aunque esta información esta referida al número de plantas obtenidas en la investigación, pero da una referencia en esta variable, que al compararla con la presente investigación en el que el uso de los abonos orgánicos mejoran los rendimientos del cultivo de lechuga, en términos del número de unidades por hectárea, cuyo efecto ya no es por los abonos sino por la siembra cercana al tres bolillo que genera una producción de 9,285 docenas/ha (A-1).

En cuanto al comportamiento del cultivo de remolacha en altura de planta, diámetro de cobertura foliar y peso de bulbo existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, siendo la composta+ bocashi el que mayor rendimiento presentó en los tres casos. En relación con el diámetro de bulbo no existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero la composta + bocashi tuvo un mayor efecto sobre el diámetro de bulbo como se presenta en el cuadro 6 y figura 8.

El cultivo de remolacha según los resultados obtenidos demanda un

Cuadro 6. Promedios de las variables medidas en el cultivo de Remolacha

Tx	Alturas de plantas (cm)	Diámetro de cobertura foliar (cm)	Peso de bulbo en (g)	Diámetro de bulbo en (cm)
C	27.4	40.6	135,91	5,42
C+B	37.9	49.5	265,18	7,72
C+L	35.2	47.7	205,26	7,04

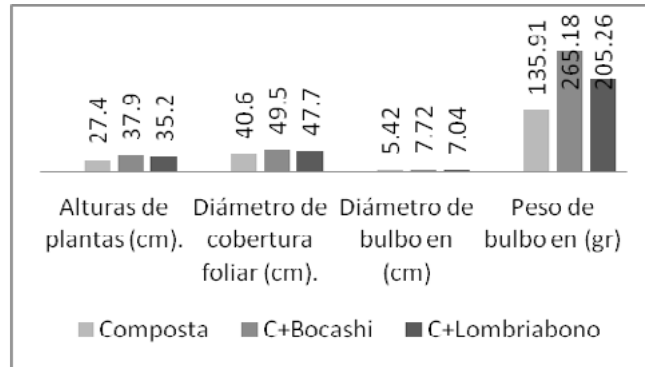


Figura 8. Efecto de la composta, composta+ bocashi, composta + lombriabono sobre altura de plantas (cm), diámetro de cobertura foliar (cm), peso de bulbo (gr), diámetro de bulbo (cm) del cultivo de remolacha.

requerimiento nutricional que la composta sola no es capaz de proveer, principalmente cuando el suelo ha sido fertilizado con este compuesto por primera vez, ya que al haber hecho las aplicaciones combinadas de la composta con los otros dos abonos, se observó en el cultivo una respuesta positiva con respecto al crecimiento, desarrollo y rendimiento; también es válido mencionar que la combinación de los abonos favorece a una mejor estructuración del suelo, porosidad y densidad, por lo que el desarrollo del bulbo se vio favorecido por estas características, como también por el aporte de los nutrientes incorporados por el bocashi y lombriabono (A-3).

Para cada uno de los tratamientos utilizados tomando en cuenta los 4 cultivos en conjunto para 1ha cultivada biointensivamente, se obtendría como resultado que el costo total (CT) del tratamiento solo con composta sería de \$17,619.81 y los ingresos totales (IT) de \$34,296.20; obteniéndose así una relación de beneficio-costo de \$1.95. Para el tratamiento de composta

+ bocashi el CT de 1ha sería de \$18,374.81; y los IT de \$38,417.25, para obtener una relación de beneficio – costo de \$2.09. Para el caso del tratamiento de composta + lombriabono se tendría un CT de \$20,837.81 y los IT de \$35,652.15 para obtener un beneficio- costo de \$1.71.

De los 3 tratamientos la mayor relación beneficio-costo se obtendrían con la composta + bocashi, con una relación de \$2.09, lo que significa que por cada dólar invertido hay una ganancia \$1.09 de dólar, percibiendo más del 100% de ganancias por la venta de los cultivos de calabacín, lechuga, espinaca y remolacha.

Conclusiones

La aplicación de los abonos orgánicos disminuyó la densidad aparente del suelo dando un incremento de 6.42% en la porosidad, que favorece a una mayor aireación y desarrollo de cultivos.

El análisis cromatográfico mostró una alta disponibilidad de nutrientes favorecido por la aplicación de los abonos orgánicos y la actividad biológica del suelo, y siendo esta última mayor con los tratamientos de composta + bocashi y composta + lombriabono que con la aplicación de solo composta, que se ve reflejada en la zona 2 o mineral y la zona 4 o enzimática de los cromas, y a la vez se corrobora con los resultados del desarrollo y rendimiento de los cultivos.

El tratamiento de composta+bocashi provocó el mayor desarrollo fisiológico en altura de planta, diámetro de cobertura foliar, peso de follaje y peso de bulbo en los cultivos de calabacín, espinaca y remolacha respectivamente, reflejándose en un incremento de los rendimientos comparados con la composta + lombriabono o solo composta en los cultivos espinaca, remolacha, lechuga y calabacín, sin embargo composta + Lombriabono favorece el aumento en diámetro de cobertura foliar en lechuga y peso de fruto en calabacín, aunque no es estadísticamente significativo ($p \leq 0.01\%$) comparados con los otros tratamientos, por lo que la aplicación de solo composta no es suficiente cuando se inicia un sistema de producción biointensiva para obtener rendimientos satisfactorios en los cultivos.

La aplicación de los principios del método de cultivo biointensivo: doble excavación, abonamiento orgánico, siembra cercana y la diversificación de cultivos, favorecen la formación de un sistema agrícola con condiciones ecológicas menos vulnerable a las plagas y enfermedades, lo cual se refleja en la no pérdida de plantas y en los rendimientos de los cultivos.

A pesar de que hay una mayor inversión con los tratamientos combinados que con la composta sola, resulta una mayor relación beneficio - costo (\$2.09) con la combinación composta + bocashi, debido a la mayor efectividad del bocashi en el aporte nutricional al suelo y a las plantas, sin embargo la composta sola en el tiempo puede llegar a suplir los nutrientes necesarios para los cultivos y ser más económico.

Recomendaciones

Continuar con la evaluación de diferentes dosis, formas y momentos de aplicación de los abonos orgánicos estudiados de acuerdo a suelos, ambientes climáticos y recursos de los productores para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Promover el método de cultivo biointensivo con el propósito de mejorar la fertilidad de los suelos e incrementar la diversificación de cultivos, para una seguridad alimentaria de las familias rurales, que garantice la disponibilidad, accesibilidad, aceptabilidad, consumo de alimentos y utilización biológica.

Realizar investigaciones con otros cultivos de interés nutricional utilizando el método de cultivo biointensivo para ampliar el abanico de cultivos en el sistema hortícola y cumplir con una dieta nutricional familiar adecuada.

Evaluar la aceptabilidad del método de cultivo biointensivo a nivel de productores, comunidades y familias rurales con terreno propio.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por el apoyo económico para esta investigación.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por facilitarnos laboratorios, equipo y herramientas.

A los ingenieros asesores Carlos Alberto Aguirre Castro, Manuel de Jesús Hernández Juárez y Dr. Francisco Lara Ascencio por su tiempo y conocimientos.

Bibliografía

- Amador, R; Santillán, R. 1997. Curso-Taller sobre: Agricultura Orgánica. Zamorano, HO, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. p.1, 20, 30, 54.
- Altamirano, C. 2009. Establecimiento y evaluación de diez especies hortícolas en huertos familiares en dos comunidades de la parroquia licto. Tesis Ing. Agr. Riobamba, EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 29p.
- CENTA (Centro Nacional de Transferencia de Agropecuaria y Forestal, SV). 2002. Agricultura Sostenible en El Salvador. San Salvador, S.V. s.e. 5 p.
- Díaz, R; Suárez, A. 2000. Evaluación de tres dosis de bocashi en el cultivo de lechuga tipo romana en la Esperanza. (en línea). s.l. FHIA. Consultado 28 mar 2011. Disponible en http://www.fhia.org.hn/dowloqde/...Inf-Tec-la-esperanza_2000.pdf.
- Fundación MCCH (Fundación Maquita Cushunchic EC). s.f. Fertilización orgánica. Quito, EC, s.e. 11 p.
- Gómez, A; Lázaro, G; León, JA. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Raphanus sativus*) en huertos biointensivos. Tesis. Ing. Agr. Tabasco, MX, UJAT. 10 p.
- Guerra, S; Kumakura, Y, 2008. Guía practica para la producción de abonos y extractos naturales. Santo Domingo, RD. IDIAF. 56p.
- Jeavons, S; Torres, MB; Martínez, JM. 2006. Método de mini cultivo biointensivo sustentable. 6ed. California US. 247p.
- Mancilla, S. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de la espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo invernadero en amica- Oruro. Tesis. Ing. Agr. Universidad técnica de Oruro. 83 p.
- Matheus, L; Graterol, B; Simancas, G. 2007. Agricultura Andina: Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles. (en línea). Venezuela. Consultado 14 mar 2012. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27872/1/articulo2.pdf>

- Qué son los abonos orgánicos. s.f. (en línea). s.l. Consultado 30 agost. 2011. Disponible en http://www.happyflower.com.mx/Guía/07_abonosOrgánicos.htm
- Restrepo, J. 2007. Manual Práctico el A, B, C de la agricultura orgánica y harina de roca. Managua, NI. PRINTEX. 260 p.
- Rico, M. 1974. Mapa pedológico de el Salvador. San Salvador, SV. UES. Escala 1:300,000. Color.
- Toral, J. 2005. Niveles de fertilización orgánica mediante vermicomposta en el cultivo de Jamaica. (en línea). México, CUCBA. Consultado 25 jun 2010. Disponible en <http://www.cucba.udg.mx/.../ToralfloresJorgeRaul/ToralfloresJorgeRaul.pdf>
- Zaldívar, A. Siura, S.; Delgado, J. s.f. Efecto de diferentes fuentes de abonos orgánicos y urea sobre el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en La Molina. (en línea). s.l. Consultado 12 jul. 2011. Disponible en <http://www.lamolina.edu.htm>.